



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ELIZABETH GOMES DE ALMEIDA

DESENVOLVIMENTO DE GOMA DE MANDIOCA COLORIDA COM BIOATIVOS DA
BETERRABA (*BETA VULGARIS*)

JOÃO PESSOA – PB

2017

ELIZABETH GOMES DE ALMEIDA

DESENVOLVIMENTO DE GOMA DE MANDIOCA COLORIDA COM BIOATIVOS DA
BETERRABA (*BETA VULGARIS*)

Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido e apresentado no âmbito do Curso de Graduação em Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Angela Maria Tribuzy de Magalhães Cordeiro

JOÃO PESSOA – PB

2017

A447d Almeida, Elizabeth Gomes de.

Desenvolvimento de goma de mandioca colorida como bioativos da beterraba (beta vulgaris) [recurso eletrônico] / Elizabeth Gomes Almeida. -- 2017.

41 p.: il.: color. + CD.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Orientador: Prof. Dra. Angela Maria Tribuzy de Magalhães Cordeiro.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação – Tecnologia de Alimentos) – CTDR/UFPB.

1. Corante natural. 2. Betalainas. 3. Estabilidade colorimétrica. I. Cordeiro, Angela Maria Tribuzy de Magalhães. II. Universidade Federal da Paraíba. III. Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional. IV. Título.

CDU: 54(043)

ELIZABETH GOMES DE ALMEIDA

DESENVOLVIMENTO DE GOMA DE MANDIOCA COLORIDA COM BIOATIVOS DA
BETERRABA (*BETA VULGARIS*)

Trabalho de Conclusão de Curso
desenvolvido e apresentado no âmbito do Curso
de Graduação em Tecnologia de Alimentos da
Universidade Federal da Paraíba como
requisito para obtenção do título de Tecnólogo
em Alimentos.

Aprovada em 27/11/17

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a Dr.^a Angela Maria Tribuzy de Magalhães Cordeiro – DTA/CTDR/UFPB

Orientadora


Prof.^o MSc. Cristiani Viegas Brandão Grisi

Examinadora Interna


Prof.^a MSc. Bianca Silva dos Santos

Examinadora Externa

JOÃO PESSOA – PB

2017

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e ao Senhor Jesus Cristo, pelo dom da vida, por me amar incondicionalmente e por nunca me deixar desistir dos meus sonhos.

A minha mãe e meu pai, por serem meu porto seguro, por toda educação e por sempre investirem em mim e nos meus estudos, além de todo apoio e amor.

A minha família por sempre estarem ao meu lado me incentivando.

Ao meu namorado Arthur Félix, por toda paciência, amor, carinho, compreensão e por todas as palavras de incentivo ao longo desses anos.

A minha Orientadora Prof.^a Angela Tribuzy, pela orientação não só na vida acadêmica, mas em todas situações enfrentadas. Além de toda confiança, carinho, atenção e estímulo que me foi dado. Obrigada por ser esse exemplo de fé e de mulher á ser seguido, eu não poderia ter melhor mãe acadêmica. Ao pai postiço Adilson, por toda ajuda, atenção e carinho.

A minha banca examinadora, que é composta por mulheres excepcionais, Professora Cristiani Grisi, que sempre teve paciência comigo além de esclarecer minhas milhares de dúvidas, me ajudava a ficar calma nos momentos de desespero, e Bianca Silva, que chegou de presente e com todo carinho acreditou em mim e ajudou pra que eu conseguisse terminar esse TCC.

Aos técnicos de laboratório, Cláudia, João Bosco, Patricia, ,José Carlos, Erivelto, Larissa e Aline, por toda paciência e apoio dado durante as análises.

A todo pessoal do LACOM, Maristela, Anderson, Bruno, Isabelle, Malanna Kauane e Jayme por sempre me ajudarem e esclarecerem minhas dúvidas.

Aos professores do CTDR, especialmente os professores Alice, Carol, Haíssa, Vanessa, Ismael, Nathaly, Adriana e João Paulo, por toda paciência, dedicação e ensinamentos.

As minhas meninas e menino, Alany, Ísis, Thays, Ingryd, Gabriella e Whoshington, por me aturarem todos os dias a estudar, por todas as brincadeiras e conversas, e por fazer esses anos de universidade valerem a pena.

A minha ruivinha Isabella Soraia, por ser meu braço direito todos os dias, por me incentivar e acreditar que eu sou capaz, por não me deixar com fome e sempre cuidar de mim. Obrigada também pela vovó maravilhosa que me deste. Sem você eu não teria conseguido.

Enfim... a todos que me ajudaram direta e indiretamente e que sempre oraram por mim para que esse sonho se tornasse realidade.

O meu muito obrigada.

“Em todas estas coisas somos mais que vencedores, por meio daquele que nos amou”

(Romanos 8:37)

RESUMO

Este estudo desenvolveu gomas de mandioca coloridas com suco de beterraba, e avaliou a estabilidade colorimétrica determinando o teor de betalaínas, composto bioativo corante da beterraba, em diferentes concentrações dos sucos produzidos. Foram caracterizados os parâmetros físico-químicos das gomas produzidas, bem como analisados os parâmetros colorimétricos. Os sucos de beterrabas comprovaram ser fontes de betalaínas, principalmente betacianinas. As características físico-químicas das gomas produzidas mostraram valores inferiores de amido quando comparado com a legislação de fécula. Também revelaram baixos teores de proteína e lipídios, característicos de produtos amiláceos. Os valores de umidade e atividade de água foram elevados, por se tratar de produto hidratado, sem norma específica. A análise colorimétrica das gomas coloridas naturalmente com o suco de beterraba permitiu observar que a temperatura de refrigeração foi favorável para manutenção da estabilidade da cor das amostras durante o período de 21 dias de armazenamento. O pH determinado nas amostras de goma contribuiu para a estabilidade do pigmento natural acompanhado neste trabalho.

Palavras-chave: *corante natural; betalaínas; estabilidade colorimétrica.*

ABSTRACT

This study developed colored cassava gums with beet juice, and evaluated the colorimetric stability by determining the betalaine content of the beetroot, in different concentrations of the juice produced. The physical-chemical and colorimetric parameters of cassava gums produced. Beetroot juices proved to be sources of betalains, mainly betacyanins. The physical-chemical characteristics of the gums produced showed lower values of starch when compared to the starch legislation. They also revealed low levels of protein and lipids, characteristic of starchy products. The values of moisture and water activity were high, because it was a hydrated product, with no specific standard. The colorimetric analysis of the colored cassava gums with beet juice allowed observing that the cooling temperature was favorable to maintain the color stability of the samples during the period of 21 days of storage. The pH determined in the cassava gum samples contributed to the stability of the natural pigment followed in this work.

Keywords: natural dye; betalaine; colorimetric stability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma de obtenção de fécula de mandioca.	18
Figura 2 - Tubérculos de beterraba.	20
Figura 3 - Féculas hidratadas com os sucos concentrados.	23
Figura 4 - Amostras de gomas: a) embaladas à vácuo e b) cobertos por papel alumínio.	24
Figura 5 - Amostras de gomas armazenadas a 5 °C, no tempo 3	34
Figura 6 - Amostras de gomas armazenadas a 10 °C, no tempo 3..	34
Figura 7 - Espectros de Infravermelho da Fécula de Mandioca.	36
Figura 8 - Espectros de Infravermelho da Gomas de Mandioca colorida e das Gomas de Mandioca com perda da coloração.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formulações do suco para hidratação das féculas.....	22
Tabela 2 - Teor de betalaínas no suco de beterraba.....	29
Tabela 3 - Parâmetros químicos e físico-químicos das amostras de gomas de mandioca coloridas e controle.....	30
Tabela 4 - Valores obtidos da análise colorimétrica das gomas de mandioca	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1 MANDIOCA (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	15
3.2 FÉCULA DE MANDIOCA	16
3.3 CORANTES.....	18
3.3.1 BETERRABAS	19
3.3.2 BETALAÍNAS	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1 Materiais.....	22
4.2 Métodos	22
4.2.1 Preparo dos Sucos Concentrados.....	23
4.2.2 Quantificação de Betalaínas nos sucos de beterraba	23
4.2.3 Preparo da goma colorida.....	23
4.2.4 Caracterização físico-química das gomas de mandioca	24
5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	29
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6.1 Teor de betalaínas nos sucos de beterrabas	29
6.2 Caracterização Física, Química e Físico-química das Gomas.....	30
6.3 Análise colorimétrica das gomas de mandioca.....	33
6.4 Espectroscopia vibracional na região do infravermelho.....	36
7. CONCLUSÕES.....	38
REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) se sobressai como uma cultura importante em inúmeras regiões do Brasil tradicionalmente, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, sua produção tem sido destinada tanto para alimentação humana como para indústria de transformação, atua como geradora de emprego e renda nessas regiões (BELEIA et al., 2006; FRANCK et al., 2011).

As raízes da mandioca são utilizadas na produção de diversos produtos destinados a alimentação animal, humana e a Indústria, sendo a farinha de mesa comum seu principal produto (DEMIATE, 2007; FRANCK et al., 2011).

A fécula, entre os subprodutos da mandioca, é o mais versátil e valorizado, por abranger maior quantidade de finalidades industriais como matéria-prima no processamento de diversos alimentos (NWOKOCHA et al. 2009; CARVALHO et al., 2010). Ela é conhecida também em algumas regiões brasileiras como polvilho doce ou goma, e se caracteriza por se um pó fino, branco, inodoro, insípido, que produz ligeira crepitação quando comprimido entre os dedos (OSUNDAHUNSI et al., 2011). A Legislação Brasileira utiliza-se da denominação fécula para o produto amiláceo extraído das raízes da mandioca, não fermentada, obtida por decantação, centrifugação ou outros processos tecnológicos adequados (REIS, 2006).

Segundo LIMA et al (2007) a denominação goma é utilizada para produtos que adquirem características de pastas ou géis quando em contato com a água, em condição ambiente. O principal emprego da goma de mandioca é na preparação da tapioca, alimento muito procurado atualmente pelos adeptos por uma alimentação mais saudável, contribuindo com o aumento do consumo, por ser um alimento natural, com baixo teor de sódio, sem gordura, rico em carboidratos de fácil digestão e sem glúten. A tapioca vem ganhando mercado como alternativa em substituição do pão, para aquelas pessoas que não podem consumir o glúten ou tentam eliminá-lo da alimentação por vários outros motivos. Este alimento pode ser incluído na alimentação em diferentes horários do dia, por ser um alimento muito saboroso e com possibilidade de prepará-lo com diversos recheios, tanto doces como salgados.

A beterraba (*Beta Vulgaris*) é uma hortalica tuberosa, que contém uma alta fração de água e uma variada composição de vitaminas e minerais (potássio, sódio, fósforo, magnésio e cálcio), além de possuir elevados valores de carboidratos, fibras e uma baixa quantia de gordura. Este tubérculo é também fonte de ácido fólico, composto indicado para as grávidas o qual proporciona uma melhor formação do feto (USDA, 2014). Sua coloração avermelhada é atribuída as betalaínas, que além de conferirem cor, possuem alta capacidade antioxidante e anti-inflamatória, sendo reconhecida como um antioxidante natural, atuando contra o envelhecimento celular e várias patologias, como aterosclerose, hipertensão, demência, diabetes tipo 2 e reduzindo o risco de alguns tipos de câncer (KLUGE et al., 2006; DALLA COSTA, 2015; CLIFFORD et al., 2016).

Buscando atender às mudanças de mercado, é interessante inovar e testar novos produtos alimentares ou ainda diversificar os existentes. Nesse sentido, e de forma a melhorar ainda mais as vantagens de consumo da tapioca, objetivou-se neste projeto a produção da goma de mandioca hidratada com suco concentrado de beterraba com o intuito de disponibilizar um produto colorido naturalmente com os pigmentos bioativos deste tubérculo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma goma de mandioca colorida com compostos bioativos da beterraba.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Preparar suco do tubérculo estudado;
- Determinar o teor de betalaína, composto bioativo corante da beterraba, nas diferentes concentrações dos sucos produzidos.
- Aplicar o suco do tubérculo estudado em féculas de mandioca;
- Caracterizar os parâmetros Físicos, Químicos e físico-químicos das gomas produzidas;
- Avaliar a estabilidade da cor das gomas produzidas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta perene, arbustiva, pertencente à família das Euphorbiaceae, foi dominada por populações pré-cabralinas, no território entre o Cerrado e a Floresta Amazônica, por volta de 9 mil anos. O começo da domesticação ocorreu com a espécie endêmica *Manihot flabellifolia*, que tem a capacidade básica de armazenar amido nas raízes, foi ela quem deu origem à espécie *Manihot esculenta*, que possui a capacidade de reservar cerca de 50% da biomassa nas raízes, especialmente na forma de amido, e de se reproduzir vegetativamente por meio de hastes (VALLE; LORENZI, 2014).

Ela é uma planta cianogênica, ou seja, possui compostos glicosídeos que são degradados por enzimas (linamarina e linamarinase) liberando o ácido cianídrico (HCN). Esse mecanismo poderá ter surgido como defesas à ação de doenças e pragas, sendo assim, em caso de alguma ferida na planta, o substrato e a enzima entram em contato, gerando o veneno. A concentração desse veneno nas plantas encontra-se maiores nas folhas novas (330 ppm), pecíolos jovens (750 ppm) ou hastes velhas (680 ppm), sendo estas sete a doze vezes maiores que às concentrações contidas na raiz, que são de apenas 55 ppm. Encontra-se vários tratamentos possíveis para desintoxicar a planta, como a fermentação, a prensagem e a lavagem, e o calor a 180°C, que liberam no decorrer do processo através de volatilização o HCN (LORENZI, 2012).

Essa planta é uma das culturas mais significativas na alimentação dos trópicos úmidos e resiste, especialmente, à locais com poucos recursos como nutrientes e água. Durante o descobrimento do Brasil, os indígenas tinham o hábito de cultivar e processar a raiz da mandioca. Os portugueses, antes de 1600, disseminaram a cultura da mandioca pelas regiões tropicais do mundo, levaram essa raiz inicialmente para o continente Africano e seguidamente para a África oriental e Ásia. Atualmente, a mandioca é utilizada em toda extensão do Brasil, nas regiões do mundo de clima tropical e subtropical, além de todos os países centro-americanos e sul, e nas Antilhas (FIORDA et al. 2013; CEREDA, 2008).

As raízes da mandioca se destacam como uma das principais culturas agrícolas do Brasil, desempenhando papéis importantes como fonte de energia, na alimentação

humana e animal, além de gerar emprego e renda nas regiões pobres do Nordeste. A mandioca também representa um fator de segurança socioeconômica e alimentar de diversos extratos sociais, desde os maiores produtores que operam negócios de larga escala, com boa rentabilidade; médios e pequenos produtores, que se beneficiam pela estabilidade financeira do cultivo dessa planta, pela mesma não necessitar de alto investimento de capital para produtos de controle de pragas e fertilizantes; e os micro produtores que procuram a segurança alimentar das suas famílias e geram uma pequena renda com a comercialização do restante da produção (VALLE; LORENZI, 2014).

A área cultivada desta espécie, no globo terrestre, é extensa, sendo um dos principais alimentos, que atuam como fonte de energia, para cerca de 750 milhões de pessoas, especialmente na África e nos países em desenvolvimento (CIAT, 2015).

No contexto de exploração mundial, o Brasil aparece como o quarto maior produtor, depois da Nigéria (1º), Tailândia (2º) e Indonésia (3º). No ponto de vista econômico, a produção brasileira corresponde a 10% da produção mundial, porém perde em competitividade para os países asiáticos, pelos mesmo possuírem maior participação no mercado externo. Em 2015, a produção de raízes tuberosas foi de aproximadamente 22,8 milhões de toneladas. A região Norte foi a que apresentou a maior produção dessas raízes, com 7,6 milhões de toneladas, seguida das regiões Sul (5,88 milhões de toneladas), Nordeste (5,30 milhões de toneladas), Sudeste (2,48 milhões de toneladas) e Centro-Oeste (1,53 milhões de toneladas) (IBGE, 2016). As variações na produção brasileira de mandioca aumentam por causa da redução no consumo animal, as variações climáticas no Nordeste e os baixos preços. O Nordeste condiz com cerca de 35% da produção nacional (SOUZA et al., 2010).

A maior parte da produção brasileira destina-se a fabricação de farinha de mandioca, o restante é empregado para produção de goma de tapioca, polvilho azedo e doce, mandioca congelada, minimamente processada, chips, entre outros. (BELEIA et al., 2006; APLEVICZ, 2007; DEMIATE, 2007; FRANCK et al., 2011).

3.2 FÉCULA DE MANDIOCA

Entre os subprodutos da mandioca, a fécula (ou amido) é a mais nobre e versátil, sendo utilizada desde a indústria de alimentos até a extração de petróleo, produção de

plástico e na siderúrgica (FELIPE et. al, 2013). A fécula de mandioca, é denominada também, em algumas regiões brasileiras, como polvilho doce ou goma, é um pó fino, branco, inodoro, insípido, que produz ligeira crepitação quando comprimido entre os dedos(CEPEA, 2005).

A fécula de mandioca é formada por volta de 18% de amilose e 82% de amilopectina. A amilose é uma molécula fundamentalmente linear constituída por unidades de glicose ligadas em α -1,4, e contém pequeno número de ramificações, enquanto a amilopectina é uma molécula altamente ramificada, também composta de unidades de glicose ligadas em α -1,4, mas com 5 a 6% de ligações em α -1,6, nos pontos de ramificação (CEREDA; VILPOUX, 2003).

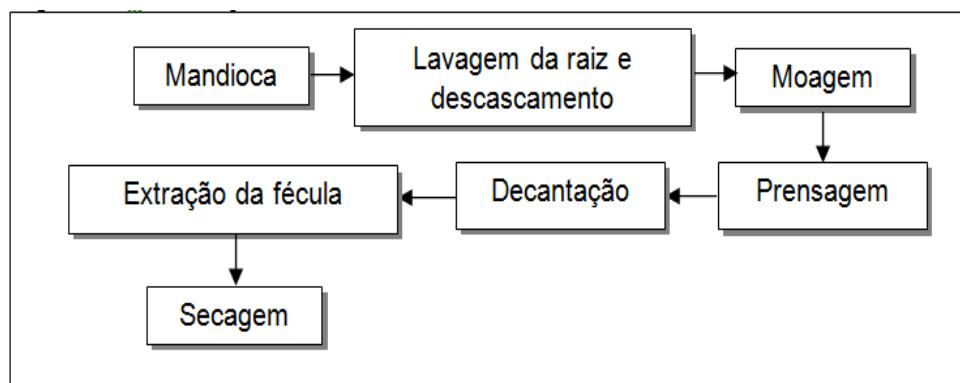
É importante a compreensão da estrutura dos grânulos de amido para poder entender melhor suas propriedades físico-químicas, são elas que definem o comportamento do amido natural ou modificado, nos variados processos industriais que são utilizados. Com relação a organização dos grânulos e da estrutura de seus constituintes poliméricos, cada amido é único, por exemplo, os mesmos grupos de plantas ou plantas da mesma espécie, apresentam amidos com propriedades e características distintas (RATNAYAKE; JACKSON, 2007). Os amidos modificados são aqueles que resultaram das modificações das propriedades do amido natural através de tratamentos industriais, esse amido é utilizado para uma grande variedade de produtos, tendo destaque na utilização na indústria alimentar, química e de produtos de bem-estar (BERNARDES et al., 2009; DEMIATE; KOTOVICZ, 2011).

No entanto, no Brasil, a maioria da fécula produzida é usada na forma nativa, isto é, sem ser modificada, tendo em vista a economia dos produtos químicos e, conseqüentemente, do custo de produção, e contaminação ambiental (CEREDA, 2007). A obtenção do amido da mandioca é uma forma de conservar as propriedades nutricionais da raiz, por referir-se a um produto em pó, apresenta baixa atividade de água e conseqüentemente um maior período de armazenagem (NUNES, 2009).

A fécula é obtida por lavagem das raízes de mandioca após rápida moagem, e subsequente decantação da água dessas lavagens para separar a fécula das fibras, impurezas e material proteico. Após a decantação, a fécula é exposta a secagem (CEREDA, 2007). Como pode-se observar no fluxograma a seguir:

Figura 1: Fluxograma de obtenção de fécula de mandioca.

Fonte:



Cereda (2007).

3.3 CORANTES

A cor é uma das características mais importantes dos alimentos, pois desempenha um papel essencial de indicador da qualidade e aceitação dos produtos pelos consumidores. Pois, os sentidos dos seres humanos interpretam cerca de 87% de suas percepções pela visão, 9% pela audição e os 4% restantes por meio do olfato, paladar e tato (LARMEN et al., 2015).

A característica sensorial da visão, provocada pela coloração, atua na indução da sensação global do produto, ou seja, pode agir como estimulante ou inibidor do consumo pois através dela provoca-se outras características como a textura, o aroma e o sabor. Por meio disso, a indústria alimentícia tem uma grande preocupação com a aplicação de cores para obtenção de alimentos que sejam visualmente agradáveis aos olhos dos consumidores (BATTISTELLA et al., 2010).

Muitos alimentos perdem cor durante etapas do processamento, necessitando de uso de corantes para restaurar sua coloração. Os corantes têm como objetivo atribuir, intensificar, e padronizar a coloração dos alimentos, melhorando assim seu aspecto e aceitação. De acordo com a resolução nº 44/77 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA), do Ministério da Saúde, os corantes permitidos para uso em alimentos e bebidas são classificados em corante orgânico natural, corante orgânico artificial, corante orgânico sintético idêntico ao natural e corante inorgânico ou pigmento. Apesar dos sintéticos ainda serem mais utilizados, um decréscimo no seu

mercado e uma rejeição cada vez maior do seu uso pelos consumidores, por conta da busca da população por produtos naturais, consequentemente, induz a indústria de alimentos para adequar-se a essa exigência do consumidor (FLETCHER, 2013).

Os corantes naturais são seguros, não tóxicos e não carcinogênicos, além de serem biodegradáveis. Eles podem ser extraídos de diferentes matérias-primas, principalmente de fontes vegetais, além de possuir outros compostos de valor nutricional, e possível propriedades funcionais. Entretanto, esses corantes diante dos artificiais possuem algumas desvantagens, dentre elas uma menor estabilidade diante das condições de processamento, como o pH e temperatura, além de possuir menor disponibilidade de cores (CHET, 2009).

Os principais grupos de pigmentos naturais encontrados nos vegetais são os carotenoides, as antocianinas, as clorofilas e as betalaínas (GRANDÍA-HERRERO; ESCRIBANO; GARCÍA, 2005), que além de possuir outras propriedades, também apresentam efeitos biológicos variados, promovendo saúde e bem estar por prevenir e auxiliar na cura de doenças.

3.3.1 BETERRABAS

A beterraba é uma dicotiledônea pertencente à família Quenopodiaceae. Trata-se de uma planta bienal, isto é, aquelas que necessitam de 24 meses para completar seu ciclo biológico. Possui melhor produção de suas raízes em condições de outono/inverno. Existem três tipos de beterrabas: a beterraba hortícola, açucareira e forrageira, porém, apenas a beterraba hortícola é cultivada comercialmente (CORRÊA et al, 2014).

Essa hortaliza tuberosa, contém uma elevada quantidade de água e uma variada composição de vitaminas e minerais, além de possuir uma grande quantidade de fibras e carboidratos, e uma quantidade mínima de gorduras. Além do mais, essa hortaliza apresenta valores significativos de minerais por porção, sendo eles: potássio, fósforo, sódio, cálcio e magnésio, que atuam em metabolismos enzimáticos significativos para o organismo. A beterraba também é rica em ácido fólico, que é um importante composto consumido pelas grávidas, o qual proporciona a melhor formação do feto (USDA, 2014).

A coloração avermelhada da beterraba é devido as betalaínas (Figura 2), que além de conferirem cor, possuem alta capacidade antioxidante e anti-inflamatória, o que

causou o interesse em uma possível utilização dessa hortaliça em patologias clínicas caracterizadas por inflamação crônica e estresse oxidativo, a exemplo de doenças no fígado, artrite e até mesmo câncer. (DALLA COSTA, 2015; CLIFFORD et al., 2016).

Figura 2: Tubérculos de beterraba.



Fonte: <http://www.vitoriahortifruti.com.br> (2017).

Outro ponto interessante foi que o consumo de beterraba alcançou resposta semelhante a um quimioterápico bastante utilizado no tratamento de diversos tipos de cânceres, além do alto índice de inibição sobre multiplicação de células cancerígenas, especialmente nas derivadas do câncer de estômago e próstata (FERREIRA et al., 2017).

3.3.2 BETALAÍNAS

As betalaínas são substâncias nitrogenadas coloridas e hidrossolúveis que atuam como pigmentos (CLIFFORD et al., 2015). Elas são derivadas de plantas da ordem Caryophyllales e estão presentes em folhas, flores, raízes e frutos, sendo encontradas principalmente nas espécies: primavera (*Bougainvillea spp.*), amaranto (*Amaranthus spp.*) e na beterraba. Mas esse pigmento também foi encontrado em alguns fungos basidiomicetos dos gêneros *Amanita* e *Hygrophorus* (GONÇALVES et al., 2015).

As duas classes de betalaínas naturais se originam da biossíntese a partir do ácido betalâmico (Figura 3). As Betaxantinas (Latim: beta= beterraba; Grego: xanthos=amarelo) se originam da ligação entre o ácido betalâmico e aminoácidos, e

possuem máxima absorção entre 460 e 480 nm. Já os produtos de condensação entre o ácido betalâmico e derivados glicosilados do ciclo-DOPA [(ciclo-3-(3,4-dihidroxifenilalanina)] são intitulados de betacianinas por conta da sua coloração violeta intensa, tem sua absorbância em 540 nm (GANDIA-HERRERO et al., 2010).

Os compostos mais comuns que conferem cor as Angiospermas são os flavonoides, especialmente as antocianinas. As betalaínas aparecem apenas na ordem Caryophyllales, e nas espécies que produzem betalaínas não podem ser encontradas antocianinas e nas espécies pigmentadas onde são encontradas antocianinas não se encontra betalaínas, mostrando através desse fato que a presença de um composto inibe a presença do outro. Não se sabe precisamente o porquê desses compostos serem mutuamente exclusivas, porém algumas hipóteses na qual a existência de uma via regulatória comum onde as antocianinas agem de forma que inibem a biossíntese de betalaínas, e as betalaínas atuam inibindo a biossíntese das antocianinas (BROCKINGTON et al. 2011).

As betalaínas estão predispostas à degradação desde o momento em que é rompido o tecido vegetal para sua extração. A sua estabilidade está relacionada com fatores endógenos, como a atividade enzimática e complexação metal-pigmento, além de fatores relacionados às condições do processo de extração, como exemplo, a temperatura, o pH e a presença de oxigênio (STINTZING; CARLE, 2008; AZEREDO, 2009).

Portanto, ter conhecimento das condições de processamento do alimento e as possibilidades de modificações dos mesmos, são questões importantíssimas para manutenção desse pigmento natural, fazendo com que ocorra a menor degradação possível.

Dentre os fatores extrínsecos que afetam a estabilidade da betalaína está o pH do meio, onde a literatura mostra estudos indicando que esses compostos são mais estáveis em pH entre 3 e 7. Eles também podem sofrer degradação quando expostos à luz, isso ocorre pela absorção da luz que provoca a excitação dos elétrons dos cromóforos das betalaínas, elevando seu nível energético e deixando assim a molécula mais reativa ou com sua energia de ativação reduzida. Mais um fator que influencia na degradação das betalaínas é a exposição ao oxigênio, sendo que na sua ausência esses pigmentos se tornam mais estáveis. Essa degradação pode ser acelerada quando houver a interação desses fatores ambientais, como por exemplo, a oxidação pode ser acelerada quando

estiver na presença da luz (HERBACH et al., 2006; MANCHALI et al., 2012; GONÇALVES et al., 2012).

A temperatura é considerada o fator que tem mais interferência na estabilidade das betalaínas, uma vez que em todo processamento e armazenamento é empregado calor (HERBACH et al., 2006)

Os fatores endógenos também exercem influência na estabilidade das betalaínas, sendo a ação das enzimas o fator primordial para essa instabilidade, na sua maioria são representadas pelas β -glicosidases, as polifenoloxidasas e as peroxidases (PODs). A beterraba vermelha é rica em POD, por isso, o controle da atividade da POD contribui para a manutenção das betalaínas vermelhas, a atividade da POD dependem principalmente da temperatura, pH, atividade de água e exposição à luz (YONG, 2014; NEELWARNE; RUDRAPPA, 2012).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

A fécula de mandioca e as beterrabas foram obtidas no comércio local da cidade de João Pessoa - PB.

Todas as análises e procedimentos necessários foram realizados na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), no Laboratório de Processamento de Carnes e Pescado (LPCP), Laboratório de Análises Físico-Química (LAFQ), ambos do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR), e no Núcleo de Pesquisa e Extensão - Laboratório de Combustíveis e Materiais (NPE-LACOM).

4.2 Métodos

4.2.1 Preparo dos Sucos Concentrados

Para hidratar e colorir as féculas de mandioca foram preparados os sucos concentrados de beterraba conforme Tabela 1. Os tubérculos foram pesados, triturados em multiprocessador e adicionados de água acidificada.

Tabela 1: Formulações do suco para hidratação das féculas.

Formulações	Água (volume)	Beterraba (peso)
Branco	1000 mL	0g
Formulação 1	1000 mL	500g
Formulação 2	1000 mL	1500g
Formulação 3	1000 mL	2500g

4.2.2 Quantificação de Betalaínas nos sucos de beterraba

Os valores de betacianina e betaxantina foram quantificados segundo a metodologia adaptada de Nilsson (1970). Foram produzidos os sucos nas três formulações com posterior diluição. A leitura foi realizada em comprimento de onda de 476 nm, 538 nm e 600 nm.

Os cálculos foram feitos a partir das seguintes fórmulas:

$$X=1,095 (a-c)$$

$$Y= b-z-x/3,1$$

$$Z=a-x$$

Sendo: a= leitura da amostra (538nm); b=leitura da amostra (476nm); c= leitura da amostra (600nm); x= absorção de betacianina; y= betaxantina e z= absorção de impurezas.

4.2.3 Preparo da goma colorida

A fécula de mandioca comercial foi dividida em quatro partes: uma parte foi utilizada como controle, hidratada somente com água à pH 3, e as outras três com as formulações preparadas do suco concentrado de beterrabas (Tabela 1).

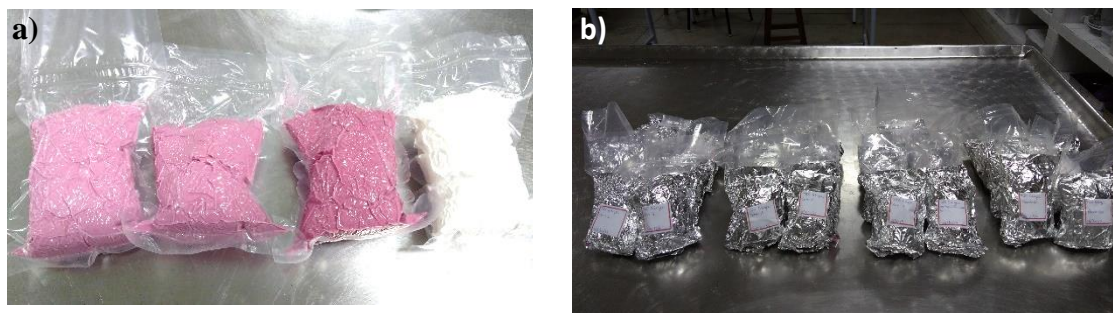
Figura 3: Féculas hidratadas com os sucos concentrados.



Fonte: Próprio Autor

As amostras foram homogeneizadas separadamente, peneiradas e embaladas à vácuo em sacos de polietileno de alta densidade, devidamente selados (Figura 5a) e cobertos por papel alumínio (Figura 5b) e em seguida as amostras foram armazenadas em duas diferentes temperaturas, 5 °C e 10 °C.

Figura 4: Amostras de gomas: a) embaladas à vácuo e b) cobertos por papel alumínio.



Fonte: Próprio Autor

4.2.4 Caracterização físico-química das gomas de mandioca

As amostras de fécula de mandioca hidratadas com o suco de beterraba e água (controle) armazenadas sob a temperaturas de ± 5 °C foram avaliadas quanto os parâmetros físico-químicos a seguir:

4.2.4.1 Umidade

A determinação de umidade nas amostras de gomas de mandioca foi realizada por gravimetria, segundo a metodologia descrita pelo IAL (2008). Pesou-se aproximadamente 5g de cada amostra, em cápsulas de metal, previamente secas e

pesadas. Em seguida, as mesmas foram levadas para a estufa a uma temperatura de 105°C, por 24 horas. As análises foram feitas em triplicata.

4.2.4.2 Cinzas

O teor de cinzas foi determinado através da pesagem de 2 g da amostra em uma cápsula de porcelana, previamente aquecida em mufla da Edcon 3P a 550 °C, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e em seguida pesada. Utilizou-se chapa elétrica, até carbonizar por completo e depois incinerada em mufla a 550 °C. Quando as cinzas ficaram brancas os cadinhos foram retirados da mufla e colocados no dessecador até a temperatura ambiente e em seguida foram pesadas. Essas operações de aquecimento e resfriamento foram feitas até peso constante (AOAC, 2000). Utilizou-se a fórmula:

$$\text{Cinzas (\%)} = \left(\frac{N}{P} \right) \times 100$$

onde:

N = n° de g de cinzas

P = n° de g da amostra

4.2.4.3 Atividade de água Aw

A atividade de água (aw) de cada amostra foi determinada a 24 °C, utilizando-se o aparelho Aqua-lab, modelo Dew Point Water Activity Meter 4 TEV, que foi calibrado com água destilada antes da leitura das amostras.

As amostras foram colocadas em cápsulas de plástico do próprio equipamento e, em seguida, determinada a leitura direta da atividade de água nas amostras. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.2.4.4 pH

A determinação do pH da amostra foi efetuada utilizando um pHmetro digital, marca Digimed, previamente calibrado com soluções tampões de pH 7,0 e 4,0. Onde as amostras foram diluídas em água destilada para a análise (AOAC, 2005).

4.2.4.5 Acidez

Pesou-se de 2 g da amostra em um frasco Erlenmeyer de 125 mL e diluiu-se em 20 mL de água destilada. Adicionou de 2 gotas da solução fenolftaleína e titulou com solução de hidróxido de sódio 0,1 ou 0,01 M, até a viragem da coloração, segundo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL 2008). Foi utilizado a fórmula:

$$\frac{V \times F \times 100}{P \times C} = \text{Acidez em solução molar por cento } v/m$$

V = nº de mL da solução de hidróxido de sódio 0,1 ou 0,01 M gasto na titulação

f = fator da solução de hidróxido de sódio 0,1 ou 0,01 M

P = nº de g da amostra usado na titulação

c = correção para solução de NaOH 1 M, 10 para solução NaOH 0,1 M e 100 para solução NaOH 0,01 M.

4.2.4.6 Proteínas

O teor de proteínas foi determinado pela técnica micro Kjeldahl (AOAC, 2005). Pesou-se 0,5 g da amostra em papel de seda e transferido para o balão de Kjeldahl. Em seguida foi adicionado 5 mL de ácido sulfúrico e cerca de 0,5 g da mistura catalítica. Levou-se ao aquecimento em chapa elétrica, na capela, até atingir 350°C constante por 1 hora até a solução se tornar azul-esverdeada. Logo após o resfriamento o material foi encaminhado para a destilação e posteriormente titulado com solução de hidróxido de sódio 0,1 M. Utilizando-se o fator 5,75 para transformar o nitrogênio total em teor de proteína bruta.

$$\text{Proteína total (\%)} = \left(\frac{V \times 0,14 \times F}{P} \right)$$

onde:

V = diferença entre o nº de mL

P = nº de g da amostra

F = fator de conversão

4.2.4.7 Lipídios

A fração lipídica foi obtida por extração direta com solvente em aparelho de Soxhlet, utilizando 2 g da amostra. Que foi mantido sob aquecimento em chapa elétrica por 6 horas. Após esse tempo, o solvente foi evaporado e o recipiente foi pesado (AOAC, 2000).

$$\text{Lipídeos (\%)} = \left(\frac{PL}{PA} \right) \times 100$$

onde:

PL= peso da fração lipídica

PA= peso da amostra

4.2.4.8 Amido Totais

A determinação de amidos totais nas féculas de mandioca foi realizada, segundo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), com adaptações.

Onde inicialmente foram pesadas 5 g da amostra em tubos falcon, e foram lavandas, sucessivamente, com três porções de 20 mL de éter, entre cada lavagem colocando em centrífuga para facilitar a decantação. Foi transferido o material desengordurado para um frasco Erlenmeyer de 500 mL, com o auxílio de 100 mL de álcool a 70%. Agitou e aqueceu as amostras em banho-maria a (83-87) °C, por 1 hora, usando um pequeno funil no gargalo do frasco para condensar os vapores. Em seguida esfriou e adicionou 50 mL de álcool e filtrou à vácuo depois lavou o resíduo com 500 mL de álcool a 70%. Em seguida transferiu o resíduo juntamente com o papel de filtro

para um frasco Erlenmeyer de 500 mL com auxílio de 150 mL de água. Adicionou-se 5 gotas de solução de hidróxido de sódio a 10% e colocou para aquecer em autoclave a uma atmosfera por 1 hora. Esfriou e adicionou 5 mL de ácido clorídrico (onde a solução ficou fortemente ácida) e aqueceu novamente em autoclave por mais 30 minutos. Resfriou a amostra e neutralizou com solução de hidróxido de sódio a 10%. Transferiu para um balão volumétrico de 500 mL e completou o volume com água destilada. Por fim, titulou as amostras em uma mistura de 5mL de solução de fehling A e 5mL de solução de fehling B.

Cálculo:

$$\frac{100 \times A \times a \times 0,9}{P \times V} = \text{glicídeos não redutores, em amido, por cento m/m}$$

A = nº de mL da solução de P g da amostra

P = nº de g da amostra

V = nº de mL da solução gasto na titulação

a = nº de g de glicose correspondente a 10 mL das soluções de Fehling

4.2.4.9 Colorimetria

As análises colorimétricas foram realizadas nas amostras de gomas que foram acondicionadas em diferentes temperaturas de armazenamento (5°C e 10°C).

Os colorimétricos CIELab foram obtidos a partir de um colorímetro de marca GRETAG MACBETH, modelo COLOR-EYE 2180. O método mede a intensidade de absorção na região do visível para os quatro parâmetros L*, a*, b*, c* e h°.

4.2.4.10 Espectroscopia vibracional na região do infravermelho

Assim como a análise colorimétrica, a análise de Espectroscopia vibracional na região do infravermelho foi realizada nas amostras que foram acondicionadas em diferentes temperaturas de armazenamento (5°C e 10°C).

Foi aplicado nas análises de espectroscopia vibracional na região do infravermelho médio por transformada de Fourier (FTIR), no modo de ensaio por reflectância utilizando o acessório de Reflectância Total Atenuada. O espectrofotômetro utilizado é da marca SHIMADZU e modelo IR-Prestige 21. Nas condições de análise foram empregados região de 4000 a 400 cm⁻¹; resolução de 4 cm⁻¹, modo de transmitância e 10 mg de amostra por análise realizada em triplicata.

5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados obtidos foram expressos em média seguidos do desvio padrão. Para o tratamento dos resultados, utilizou-se análise de variância (ANOVA), o teste Tukey para identificar as diferenças significativas entre as médias ($p > 0,50$).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Teor de betalaínas nos sucos de beterrabas

Os sucos concentrados de beterraba para hidratar a fécula de mandioca e obter as gomas coloridas foram avaliados quanto ao teor de betalaínas. A Tabela 2 apresenta os valores calculados para betacianina e bataxantina das amostras de suco de beterraba previamente diluídas.

Tabela 2 – Teor de betalaínas no suco de beterraba.

Substâncias	F1	F2	F3
Betacianina (x)	0,182± 0,03	0,191 ±0,16	0,186 ±0,10
Betaxantina (y)	0,095 ±0,22	0,146 ±0,33	0,094 ±0,10

Impurezas (z)	0,060 \pm 0,01	0,135 \pm 0,07	0,117 \pm 0,07
---------------	------------------	------------------	------------------

Os resultados mostram que a formulação que apresentou teores inferiores de corantes naturais foi a amostra com concentração menor de suco de beterraba, em comparação as demais formulações.

É possível constatar que ambas amostras de suco indicaram valores de betacianina superiores aos determinados de betaxantina, mostrando que a cor avermelhada é predominante nas amostras de suco de beterraba. Pois de acordo com Kanner e colaboradores (2001), as betalaínas são pigmentos hidrossolúveis e são divididos em duas classes: as betacianina que apresentam coloração avermelhada, e as betaxantina, que mostram cor amarelada, caracterizando a coloração típica das raízes de beterraba.

6.2 Caracterização Física, Química e Físico-química das Gomas

Os resultados dos parâmetros químicos e físico-químicos das amostra de goma de mandioca controle e as coloridas com o suco de beterraba são apresentados na Tabela 3.

Segundo Ramos 2013, a definição do teor de umidade de um produto é uma das medidas mais utilizadas na análise de alimentos, por estar relacionada com a composição, qualidade e estabilidade. Um alimento é considerado com alta umidade, quando seu valor está acima de 40%, portanto as gomas analisadas estão abaixo desse valor (MELO et al., 2001).

O teor de umidade das amostras variou de 36,09 a 39,04%. A amostra F2 apresentou o menor teor de umidade, enquanto o controle apresentou a maior concentração, não diferindo significativamente das amostras F1 e F3.

A legislação para produtos amiláceos, derivados da raiz de mandioca, estabelece um valor máximo para umidade da fécula de 14% (BRASIL, 2001; BRASIL, 2005), porém vale ressaltar, que todas as amostras analisadas são consideradas gomas porque foram hidratadas, e por isso é esperável que o teor de água contidos nas mesmas sejam maiores do que os estabelecidos pela legislação.

Luna e colaboradores (2013), também analisaram umidade de gomas e obteve percentual maior ($54,7 \pm 4,13$), e mostrou que o alto teor de umidade pode favorecer a

rápida deterioração do produto, pois uma umidade reduzida e controlada pode assegurar a estabilidade microbiológica.

Tabela 3 - Parâmetros químicos e físico-químicos das amostras de gomas de mandioca coloridas e controle.

Parâmetros	Média ± Desvio Padrão			
	Controle	F1	F2	F3
Umidade (%)	39,04 ± 0,22a	37,99 ± 1,29ab	36,09 ± 0,16b	37,26 ± 0,24ab
Cinzas (%)	0,09 ± 0,01c	0,22 ± 0,01b	0,31 ± 0,04a	0,38 ± 0,02a
pH (24 ± 1°C)	4,29 ± 0,01c	4,75 ± 0,02b	5,63 ± 0,07a	5,56 ± 0,02a
Acidez (g ácido cítrico/100g)	13,96 ± 0,51b	14,34 ± 0,21b	14,21 ± 0,31b	19,09 ± 0,26a
Aw (25 ± 1°C)	0,997 ± 0,00a	0,994 ± 0,00b	0,991 ± 0,00c	0,991 ± 0,00c
Proteína (%)	0,43 ± 0,09b	0,53 ± 0,09b	0,47 ± 0,01b	1,00 ± 0,18a
Lipídeos (%)	0,15 ± 0,03b	0,22 ± 0,04ab	0,21 ± 0,01ab	0,26 ± 0,07a
Amido (%)	59,28 ± 1,12a	42,51 ± 1,18b	45,11 ± 0,82bc	39,37 ± 1,04c

Em uma mesma linha, médias com letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Consideram-se cinzas totais o resultado da incineração do produto em mufla, normalmente à temperatura de 550 a 570 °C (HEIDEN *et al*, 2014). É possível observar, a partir dos resultados obtidos na análise de cinzas, que o conteúdo mineral nas amostras analisadas variou de 0,09% até 0,38%. A legislação para produtos amiláceos estabelece um conteúdo máximo de 0,25%, o que satisfaz apenas as formulações hidratadas com água e a F1.

O conteúdo de cinzas das formulações 2 e 3 obtiveram valores superiores a legislação devida apresentarem concentrações elevadas do suco de beterraba, que são fontes de mineais. A literatura reporta trabalhos com goma de mandioca com resultados de cinzas dentro da legislação, variando o seu conteúdo de 0,08% até 0,23%, porém ressalta-se que foram produtos hidratados apenas com água (SILVA, 2012; LUNA, 2013).

Para análise do pH das amostras foi possível perceber que todas as gomas analisadas estão conforme a legislação para produtos amiláceos, que estabelece um padrão mínimo de 4,5 e um padrão máximo de 7,0.

O pH baixo em féculas é considerado um dos fatores característico do produto, pois ele é o responsável pelo controle e manutenção do crescimento microbiano (MACHADO et al., 2010). No caso das gomas analisadas o pH baixo determinado na faixa de $4,29 \pm 0,01$ a $5,56 \pm 0,02$, tem papel crucial na estabilidade do corante natural adicionado, pois dentre os fatores extrínsecos que afetam a estabilidade da betalaína está o pH do meio, onde a literatura mostra estudos indicando que esses compostos são mais estáveis na faixa de 3 a 7 (MANCHALI et al., 2012; GONÇALVES et al., 2012).

Na Tabela 2, os valores de acidez titulável nas amostras analisadas apresentaram valores entre 13,96 a 19,09 g ácido cítrico/100g. Analisando estatisticamente apenas a amostra F3 apresentou variação em relação as demais amostras. Segundo Silva e colaboradores (2012), a acidez pode diversificar de acordo com a variedade da mandioca, nesse mesmo estudo, os autores avaliaram féculas de três variedades de mandioca e os resultados obtidos variaram de 0,89 a 0,96%.

O teor de acidez das gomas de mandioca estudadas obteve valores superiores ao estudo de Silva e colaboradores (2012), por conta que elas foram hidratadas com água acidificada à pH 3. Porém, Luna e colaboradores (2013), trabalhou com fécula úmida e apresentou uma média de acidez titulável de 1,9, $\pm 0,34$, apresentando valores mais próximos aos obtidos nesse estudo. Torna-se difícil determinar uma acidez titulável ideal para fécula úmida (goma de mandioca), pois ainda não existe uma legislação específica para esse tipo de produto.

Os resultados de atividade de água (A_w) obtidos ficaram entre 0,991 e 0,997, apresentando as amostras F2 e F3 os menores valores, não apresentando diferenças significativas. Observa-se que todas as amostras analisadas apresentaram altos valores de atividade de água, fazendo com que esse produto fique mais vulnerável a contaminação microbiológica e reações bioquímicas. É de grande dificuldade determinar uma faixa de atividade de água ideal para a goma de mandioca, uma vez que não há legislação específica desse produto regional.

Os valores encontrados para proteínas nas gomas de mandioca foram de 0,43 a 1,00%. Dentre as amostras apenas a formulação 3 apresentou diferença significativa. Gomas de mandioca apresentam valores baixos de proteína, como pode-se observar em

estudos de Camargo et al., (2008), Trombini et al., (2013) e Vieira et al., (2010), respectivamente 0,14%, 0,39% e 0,44%. A diferença encontrada entre os resultados obtidos pelos autores citados e os encontrados nesta pesquisa, deve-se provavelmente, à cultivar de mandioca utilizada como corante natural, bem como influenciada pela época do ano, tipo de solo e condições climáticas a que a planta foi submetida, durante seu desenvolvimento.

Para lipídios os valores encontrados foram de 0,15 a 0,26 %, entre as amostras apenas a formulação 2 e 3 não apresentaram diferenças significativas. Assim como para proteína, os valores encontrados neste trabalho são muito baixos, assim como os encontrados por Trombini et al. (2013) e Camargo et al. (2008), que apresentaram valores de 0,44% e 0,14%, respectivamente.

Dentre as análises realizadas neste estudo, a análise de amido é a mais importante, pois este constituinte é o majoritário em gomas de mandiocas. O percentual encontrado nas amostras foram de 39,37 a 59,28 %. Segundo a legislação, o percentual de amido para fécula é de 84%, diferindo dos valores encontrados neste experimento. Os valores baixos encontrados para amido neste trabalho, em comparação com o estabelecido pela legislação, pode ser explicado pelo fato da norma estabelecer um percentual para amiláceos secos (14% de umidade). Considerando que os valores encontrados para umidade nesse estudo são muito superiores, por se tratar de um produto úmido, tal fato dilui os outros constituintes, incluindo-se o amido.

A amostra que apresentou maior percentual de amido foi a goma sem coloração com 59,28%. Tal amostra pode ter apresentado esse resultado por ser hidratada apenas com a água acidificada, sem a adição do suco concentrado.

6.3 Análise colorimétrica das gomas de mandioca

Para obtenção dos dados colorimétricos das gomas de mandioca, foram analisadas as formulações das gomas adicionadas do corante natural (F1, F2 e F3), armazenadas nas temperaturas de 5 °C e 10 °C, no tempo 0 e no tempo 3, correspondente a 21 dias de fabricação (Tabela 4). As figuras 6 e 7, mostram o comportamento da cor das amostras de gomas de mandioca coloridas naturalmente com o suco de beterraba, durante o armazenamento.

Tabela 4 - Valores obtidos da análise colorimétrica das gomas de mandioca.

Coordenadas	Tempo 0			Tempo 3					
	Temperatura ambiente			10 °C			5 °C		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
L*	67,24	61,41	60,13	84,69	82,38	79,98	64,36	60,1	56,32
a*	24,01	28,17	28,73	2,8	2,31	2,19	25,04	25,43	30
b*	-3,1	1,68	1,51	13,42	14,84	15,08	-6,19	-4,87	2,01
c*	24,3	28,78	28,21	13,17	15,24	15,02	25,79	25,09	30,07
h°	352,66	335	308	78,21	81,14	81,74	346,12	349,16	383

Figura 5 – Amostras de gomas armazenadas a 5 °C, no tempo 3.

Fonte: Próprio Autor

Figura 6 - Amostras de gomas armazenadas a 10 °C, no tempo 3.



Fonte: Próprio Autor

Como a cor é um atributo que influencia diretamente na decisão de escolha de um alimento, a coloração das gomas de mandioca coloridas com suco natural de beterraba foi avaliada com base nos parâmetros L^* , b^* e a^* . O valor de L^* representa medida de luminosidade e varia de 0 (preto) a 100 (branco) e os valores de a^* e b^* indicam o eixo da cromaticidade. Valores de a^* negativos indicam tendência ao verde e os positivos ao vermelho, enquanto que valores de b^* negativos indicam tendência ao azul e os positivos ao amarelo.

Para a coordenada L^* houve um aumento dos valores com o passar do armazenamento sob temperatura de 10 °C, mostrando que ocorreu uma perda da coloração das gomas, tornando-as mais claras. Já durante o armazenamento sob 5 °C, mostrou comportamento contrário quando analisadas no tempo 3, indicando que as gomas apresentaram diminuição dos valores de luminosidade, refletindo em um escurecimento na tonalidade da coloração das gomas. Estas diferenças observadas quanto a luminosidade entre as amostras armazenadas sob temperatura de 5 °C e 10 °C, respectivamente são mostradas nas Figuras 6 e 7.

Os valores encontrados para a coordenada a^* foram de 24,01, 28,17 e 28,73 para F1, F2 e F3, respectivamente, no tempo 0. Constata-se no tempo 3, sob temperatura de 10 °C que houve uma diminuição expressiva desses resultados indicando diminuição da intensidade da cor vermelha dessas amostras. Por outro lado, as amostras armazenadas sob temperatura de 5 °C, apresentaram apenas uma leve diminuição dos valores da coordenada a^* , indicando que a tonalidade vermelha das gomas foram preservadas, como pode-se verificar nas Figuras 6 e 7.

A cromaticidade relacionada a coloração azul e amarela, apontada pela coordenada b^* , mostrou tendência maior para coloração azul nas amostras

acondicionadas sob temperatura de refrigeração (5 °C), após 21 dias de armazenamento. Efeito contrário foi observado com valores superiores registrados, em relação ao Tempo 0, nas amostras armazenadas sob temperatura de 10 °C, sugerindo coloração amarelada.

A intensidade da coloração, conferida pelos valores de cromo c^* , mostra que as formulações de gomas que apresentaram diminuição dos valores, em relação ao tempo 0, foram as amostras que permaneceram armazenadas durante 21 dias sob temperatura de 10 °C.

Pode-se confirmar que as betalaínas, substâncias bioativas com propriedades corantes, são mais estáveis em temperaturas baixas, como verificado neste estudo, corroborando com o estudo de Kluge e colaboradores (2016) quando avaliou o armazenamento refrigerado de beterraba minimamente processada em diferentes tipos de corte, onde constatou dano nos vegetais atribuído a uma associação pela perda de pigmentos e redução do índice de cor, verificando que a beterraba minimamente processada em fatias ou cubo apresenta conservação de, no máximo 4 dias a 5 °C, enquanto minimamente processada em retalho apresenta 6 dias de conservação.

A literatura certifica que as betalaínas estão predispostas à degradação desde o momento em que é rompido o tecido vegetal para sua extração e que sua estabilidade está relacionada com fatores endógenos, como a atividade enzimática ou ainda relacionados às condições do processo de extração, como temperatura, pH (HERBACH et al., 2006; STINTZING; CARLE, 2008; AZEREDO, 2009).

6.4 Espectroscopia vibracional na região do infravermelho

As Figuras 8 e 9 observam-se os espectros da fécula de mandioca e das gomas coloridas, respectivamente. Apesar da fécula e a goma não serem o mesmo produto, observa-se que seus espectros são bastante semelhantes. Nota-se também que, os espectros das três formulações da goma com coloração e as formulações que perderam a cor não indicam mudanças nos espectros, apenas variação na intensidade.

Figura 7 – Espectros de Infravermelho da Fécula de Mandioca.

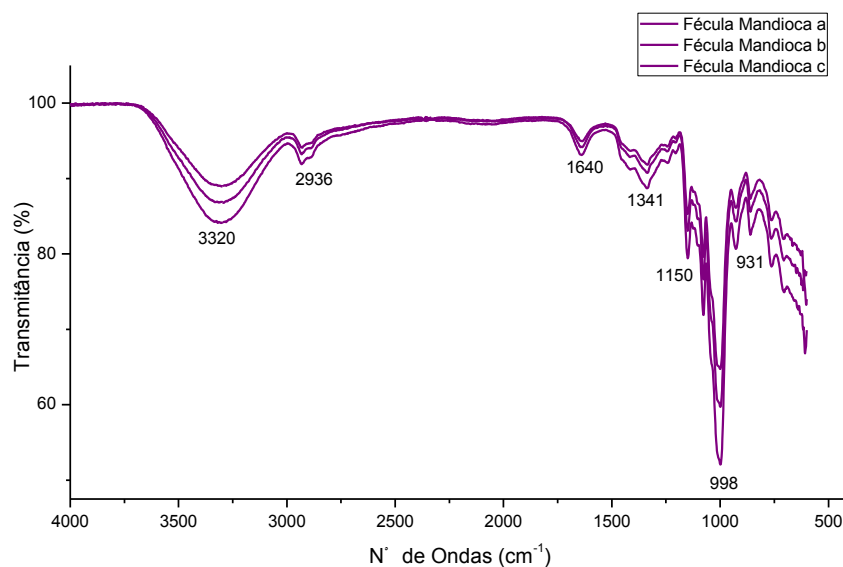
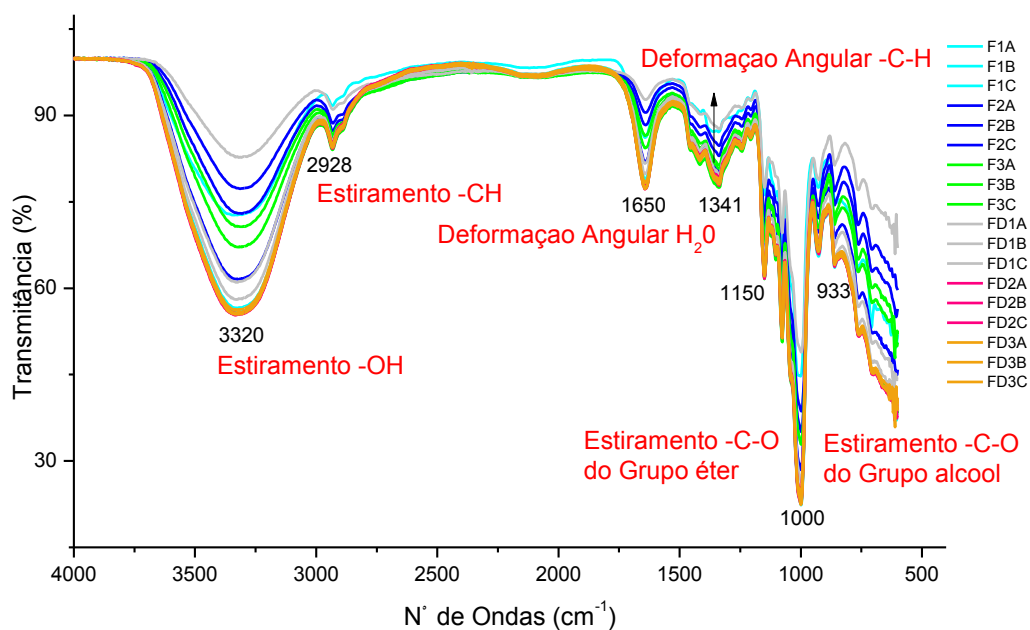


Figura 9 - Espectros de Infravermelho da Gomas de Mandioca colorida e das Gomas de Mandioca com perda da coloração.



Os espectros de infravermelho das gomas apresentam bandas na região 3.320 cm^{-1} devido a vibrações de estiramento do grupo -OH . Na banda 2.928 cm^{-1} , segundo Peng e colaboradores (2011), apresentam-se por meio das vibrações estiramentos as ligações -CH , enquanto nas bandas 1.650 e 1.341 cm^{-1} mostram deformações angulares de H_2O e -CH , respectivamente.

É comum verificar em espectros de amido diversas bandas entre 950 e 1.200 cm^{-1} devido a estiramentos da ligação -CO (BANDEIRA et al., 2015), sendo observado nos espectros das gomas coloridas e da fécula de mandioca a banda 1.150 cm^{-1} que corresponde ao estiramento -CO do grupo éter.

Percebe-se que não houve variação dos espectros correspondentes a fécula e as gomas armazenadas sob temperatura de 5 e 10 °C. Verifica-se que as bandas predominantes foram as características do amido, e supõe-se que a variação na intensidade das bandas observadas tende a aumentar entre as amostras na medida em que as concentrações de corante são maiores nas formulações da goma, bem como na temperatura de armazenamento das mesmas.

7. CONCLUSÕES

Os sucos concentrados de beterraba utilizados para hidratar a fécula de mandioca e obter as gomas coloridas apresentaram teores superiores de betacianina indicando que a cor avermelhada é predominante.

As caracterizações físicos-químicas das amostras de goma de mandioca exibiram teores baixos de proteína e lipídios, característicos de produtos amiláceos. Já, os valores de umidade e atividade de água foram elevados, por se tratar de produto hidratado, sem norma específica. Por outro lado, os baixos valores encontrados para amido neste trabalho pode ser esclarecido pelo fato da legislação estabelecer um percentual para amiláceos secos. O pH determinado na amostras de goma está em conformidade, contribuindo para a estabilidade do pigmento natural acompanhado neste trabalho.

A análise colorimétrica das gomas coloridas naturalmente com o suco de beterraba permitiu observar que a temperatura de refrigeração foi favorável para manutenção da estabilidade da cor das amostras durante o período de 21 dias de armazenamento.

REFERÊNCIAS

AOAC- association of official analytical chemists. horwitz, w. official methods of analysis of the association analytical chemists. 18th ed. washington: aoac. 1115 p. 2005.

AOAC- association of official analytical chemists. official methods of analysis of the association analytical chemists. 17th ed. washington: aoac, 2000.

APLEVICZ, K. S.; DEMIATE, I. M.; **caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados**. ciência tecnologia dealimentos. campinas-sp. jul.-set. 2007.

AZEREDO, H. M. C. betalains: properties, sources, applications, and stability - a review. international journal of food science and technology 2009, 44, 2365;

BANDEIRA¹ E. I, P. T. MARQUES. síntese e caracterização de micropartículas de amido solúvel e fécula de mandioca reticuladas com tripolifosfato de sódio. congresso brasileiro de sistemas particulados, são carlos – sp, 2015.

BARTOLONI, F. H.; GONÇALVES, L. C. P.; RODRIGUES, A. C. B.; DÖRR, F. A.; PINTO, E.; BASTOS, E. L. photophysics and hydrolytic stability of betalains in aqueous trifluoroethanol. monatshefte fuer chemie 2013, 144, 567.

BATTISTELLA, N.; COLOMBO, J. R.; ABREU, K. C. K. **importância da cor nas embalagens como fator influenciador no momento da comunicação**. 2010.

BELEIA, A. ET AL. modeling of starch gelatinization during cooking of cassava (*manihotesculenta* crantz). lwt - **food science and technology**, london, v.39, n.4, p.400-405, 2006.

BERNARDES, M.; PEIXOTO, C.V.; CÂMARA, G.M.S. mandioca. departamento de produção vegetal. esalq. piracicaba. 2009.

BROCKINGTON, S. F.; WALKER, R. H.; GLOVER, B. J.; SOLTIS, P. S.; SOLTIS, D. E. complex pigment evolution in the caryophyllales. *new phytologist* 2011, 190, 854

CAMARGO K. F.; LEONEL M.; MISCHAN M. M. **produção de biscoitos extrusados de polvilho azedo com fibras: efeito de parâmetros operacionais sobre as propriedades físicas.** *ciência e tecnologia de alimentos, campinas*, v. 28, n. 3, p. 586-591, 2008.

CAMPOS, F. M. et al. **pró-vitamina a em hortaliças comercializadas no mercado formal e informal de viçosa (mg), em três estações do ano.** *ciênc. tecnol. alim.*, campinas, v. 26, n. 1, p. 3-40, 2006.

CARDOSO, E. M. R.; MÜLLER, A. A.; SANTOS, A. I. M.; HOMMA, A. K. O.; ALVES, R. N. B.; **processamento e comercialização de produtos derivados de mandioca no nordeste paraense.** *embrapa. amazônia oriental. documentos nº 102 – 28p.* belém-pa. junho 2001.

CARVALHO, A.V. et al. caracterização tecnológica de extrusado de terceira geração à base de farinhas de mandioca e pupunha. **ciência e agrotecnologia**, lavras, v.34, n.4, p.995-1003, 2010.

CEPEA, centro de estudos avançados em economia aplicada/abam (associação brasileira dos produtores de amido de mandioca), produção brasileira de amido de mandioca 2005.

CEREDA, M.P.; **cultivo de mandioca;** viçosa-mg, cpt, 2008. 206p

CEREDA, M.P.; **processamento da mandioca;** viçosa-mg, cpt, 2007. 222p.

CEREDA, M.P.; vilpoux, o.f. (coord.). *tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas.* v. 3. são paulo: fundação cargill, 2003, 711p. (série cultura de tuberosas amiláceas latino-americanas).

CHET, N. W. total phenolic and total flavonoids content of pitaya peels by water extraction. 90 f. tese (bacharelado em engenharia química) - faculdade de engenharia química e recursos naturais, universidade da malaysia, pahang, 2009.

CHISTÉ, R.C. et al. sorption isotherms of tapioca flour. **international journal of food science and technology**, oxford, v.47, n.4, p.870-874, 2012.

CIAT. global cassava partnership for the 21st century (gcp21). disponível em: <http://ciat.cgiar.org/gcp21>.

CLIFFORD, T.; CONSTANTINOU, C. M.; KEANE, K. M.; WEST, D. J.; HOWATSON, G.; STEVENSON, E. J. (2016). the plasma bioavailability of nitrate and betanin from *Beta vulgaris rubra* in humans. *European journal of nutrition*, p.1-10, 2016.

CLIFFORD, T.; HOWATSON, G.; WEST, D. J.; STEVENSON, E. J. the potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. *nutrients*, v. 7, n. 4, p. 2801- 2822, 2015.

corrêa cv; cardoso aii; souza lg; antunes wlp; magolbo la. produção de beterraba em função do espaçamento. *horticultura brasileira*, v. 32, n. 1, jan. - mar. 2014

DALLA COSTA, A. P. aproveitamento de resíduos de cenoura e beterraba da indústria de minimamente processados para elaboração de ingredientes funcionais. 2015. 97 f.

DEMIATE, I.M.; KOTOVICZ, V. cassava starch in the brazilian food industry. *ciência e tecnologia dos alimentos*, 21 (2): 388.-397, campinas. 2011

FELIPE, F.I et al. fécula de mandioca produção na tailândia versus brasil; mercado e negócios, *agroanalysis*, março/2013.

FERREIRA, L.P.C et al.; quantificação de betalaína de beterraba; 3º congresso internacional de atividade física, nutrição e saúde 2017, vol. 1, n. 1, p. 14 – 19.

FIORDA, et al. farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. www.agro.ufg.br/pat - pesq. agropec. trop., goiânia, v. 43, n. 4, p. 408-416, out./dez. 2013.

FLETCHER, A. lycopene colorant achieves regulatory approval. 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). prognóstico agropecuário: análise da conjuntura agropecuária safra 2010/11: mandioca. 2011.

FRANCK, H. et al. effects of cultivar and harvesting conditions (age, season) on the texture and taste of boiled cassava roots. **food chemistry**, Amsterdam, v. 126, n. 1, p. 127-133, 2011.

GANDIA-HERRERO, F.; ESCRIBANO, J.; GARCIA-CARMONA, F. structural implications on color, fluorescence, and antiradical activity in betalains. *planta* 2010, 232, 449.

GONÇALVES, L. C. P. et al., betalaínas: das cores das beterrabas à fluorescência das flores. *rev. virtual quim.*, 2015, 7 (1), 292-309.

GONÇALVES, L. C. P.; DI GENOVA, B. M.; DÖRR, F. A.; PINTO, E.; BASTOS, E. I. effect of dielectric microwave heating on color and antiradical capacity of betanin. *journal of food engineering* 2013, 118, 49.

GONÇALVES, L. C. P.; TRASSI, M. A. D.; LOPES, N. B.; DÖRR, F. A.; SANTOS, M. T.; BAADER, W. J.; OLIVEIRA, V. X.; BASTOS, E. I. a comparative study of the purification of betanin. *food chemistry* 2012, 131, 231.

GRANDÍA-HERRERO, F.; ESCRIBANO, J.; GARCÍA-CARMONA, F. betaxanthins as pigment responsible for visible fluorescence in flowers. *planta*, v. 222, n. 4, p. 586-593, 2005.

HEIDEN,T.; GONÇALVES, L.; KOWACIC, J.; DALLA R.A.; DORS, G.C.; FELTES M.M.C.; **determinação de cinzas em diversos alimentos**. instituto federal catarinense, blumenau, 2004.

HERBACH, K. M.; stintzing, f. c.; carle, r. betalain stability and degradation - structural and chromatic aspects. journal of food science 2006, 71, r41.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **normas analíticas do instituto adolfo lutz**.v. 1: métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 5. ed. são paulo: imesp p. 98-99. , 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2016). disponível em: . acesso em: 22 de julho de 2016.

KLUGE,R. A. et al.armazenamento refrigerado de beterraba minimamente processada em diferentes tipos de corte. ciência rural, santa maria, v.36, n.1, p.263-270, jan-fev, 2006.

larmen, f. h. et al. revista latino-america de inovação e engenharia de produção, curitiba, pr, brasil, v. 3, n. 4, p. 97-109, 2015.

LIMA, C.P.S.; SERRANO, N.F.G.; LIMA, A.W.O.; SOUSA; C.P.; **presença de microrganismos indicadores de qualidade em farinha e goma de mandioca (manihot esculenta, crantz)**; revista aps, v.10, n.1, p. 14-19, jan./jun. 2007.

LORENZI, J. mandioca. boletim técnico cati. nº245, campinas, maio 2012

MACHADO, V. A.; ARAÚJO, M. M. C. A.; PEREIRA, J. **caracterização física, química e tecnológica do polvilho azedo**. mossoró, rn: revista verde, v.5, n.3, p. 01 - 06 jul.set. 2010.

MELLO FILHO, A.B. ; VASCONCELOS, M.A.S.; **química de alimentos**; rede e-tec brasil. ufrpe – recife, 2011.

MILDE, B.L. et al. gluten-free bread based on tapioca starch: texture and sensory studies. **food and bio process technology**, ireland, v.5, n.3, p.888-896, 2010

NEELWARNE, B., RUDRAPPA, T. peroxidases and other enzymes from red beet hairy roots. em b. neelwarne (ed.), red beet biotechnology: food and pharmaceutical applications, p. 283-334. springer science + business media: new york, 2013

NUNES, L.B.; SANTOS, W.J.; CRUZ, R.S.; **rendimento de extração e caracterização química e funcional de féculas de mandioca da região do semiárido baiano**. alimentos e nutrição, araraquara v.20, n.1, p. 129-134, jan./mar. 2009.

NWOKOCHA, L.M. et al. a comparative study of some properties of cassava (*manihotesculenta* crantz) and cocoyam (*colocasia esculenta*, linn) starches. **carbohydrate polymers**, barking, v.76, n.3, p.362-367, 2009.

OSUNDAHUNSI, O. F.; SEIDU, K. T.; MUELLER, R. **dynamic rheological and physicochemical properties of annealed starches from two cultivars of cassava**. **carbohydrate polymers**, barking, v.83, n.1, p.1916–1921, feb./mar. 2011.

PENG, H.; XIONG, H.; WANG, S.; LI, J.; CHEN, L.; ZHAO, Q. soluble starch-based biodegradable and microporous microspheres as potential adsorbent for stabilization and controlled release of coix seed oil. **European food research and technology**, v.232, p.693-702, 2011.

POONGODI VIJAYAKUMAR, T.; BOOPATHY, P. optimization of ingredients for noodle preparation using response surface methodology. **journal of food science and technology**, india, v.47, n.4, p.870-874, 2012.

RATNAYAKE, W. S.; JACKSON, D. S. a new insight into the gelatinization process of native starches. **carbohydrate polymers**, v. 67, n. 4, p. 511-529, 2007.

REIS, K.C. **pepino japonês (cucumis sativus l.) submetido ao tratamento com fécula de mandioca**. **ciências agrotécnicas**, v. 30, n. 3, p. 487-493, mai./jun. 2006.

SILVA, P.A.; MELO, W.S.; CUNHA, R.L.; CUNHA, E.F.M.; LOPES, A.S.; PENA, R.S.; **obtenção e caracterização das féculas de três variedades de mandioca produzidas no estado do Pará**. xix congresso brasileiro de engenharia química. búzios – rj. 2012.

SOUZA MJL, VIANA AES, MATSOMOTO SN, VASCONCELOS RC, SEDIYAMA T, MORAIS OM. **características agronômicas da mandioca relacionadas à interação entre irrigação, épocas de colheita e cloreto de mepiquat**. acta scientiarum agronomy. 2010;

STINTZING, F. C.; carle, r. in **food colorants: chemical and functional properties**; socaciu, c., ed.; crc press: boca raton, 2008, p 277.

TIVELLI, S. W. et al. **beterraba: do plantio a comercialização**. campinas: instituto agronômico, 2011. 45p. (série tecnologia apta. boletim técnico iac, 210).

TROMBINI, F. R. m.; leonel, m.; mischan, m. m. **desenvolvimento de snacks extrusados a partir de misturas de farinha de soja, fécula e farelo de mandioca**. ciência rural, santa maria, v. 43, n. 1, p. 178- 184, 2013.

USDA - united states department of agriculture agricultural research service. national nutrient database for standard reference. release 27, 2014.

VALLE, T., LORENZI, J. **variedades melhoradas de mandioca como instrumento de inovação, segurança alimentar, competitividade e sustentabilidade**: contribuições do instituto agronômico de campinas (iac). cadernos de ciência & tecnologia, Brasília, v. 31, n. 1, p. 15-34, jan./abr. 2014

VIEIRA, J. C. et al. **influência da adição de fécula de mandioca nas características do pão tipo chá**. boletim ceppa, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 37-48, 2010.

YONG, G. **enzymatic engineering**. science press, oxford, u.k. alpha science international ltd.: beijing, 2014.